



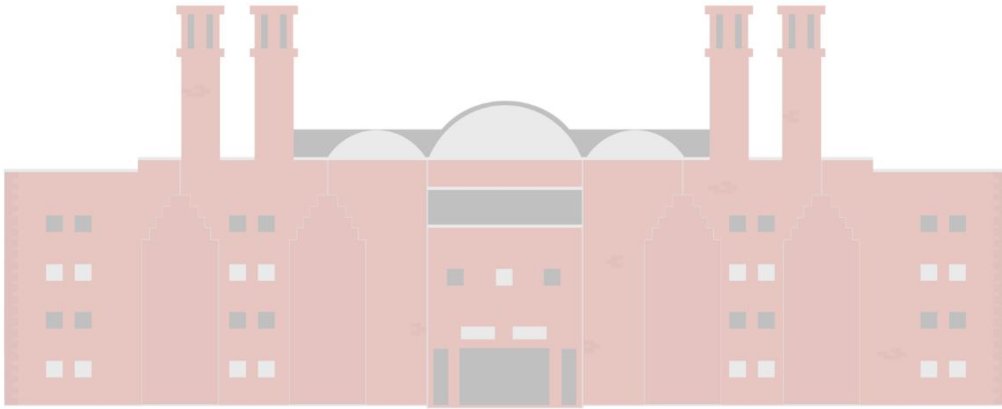
قسم هندسة الحواسيب والأتمتة

السنة الثانية / الفصل الأول

الحُقول الكَهرطِيسيّة

المحاضرة الثانية

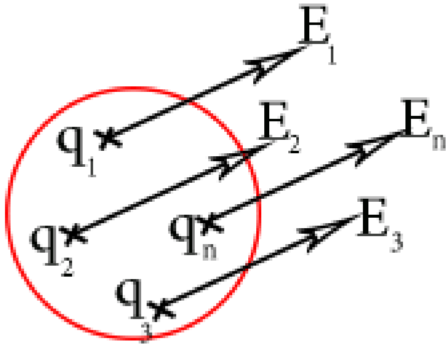
8 صفحات



الدكتور: تيسير حجازي




الحقل الكهربائي الساكن :



$$q_1 \rightarrow E_1 \rightarrow F_{e1} = q_1 . \overrightarrow{E_1}$$

$$q_2 \rightarrow E_2 \rightarrow F_{e2} = q_2 . \overrightarrow{E_2}$$

- يتولد الحقل الكهربائي الساكن عن الشحنات الكهربائية الثابتة في الفراغ بالنسبة للملاحِظ و غير متغيرة بالنسبة للزمن .
- وسوف ندرس عادة الحقل الكهربائي المتولد بالوسط المتجانس والوحيد الخواص (الخواص الكهربائية واحدة بكل نقاط الحقل) .

حيث يتميز هذا الحقل بالتأثير على الشحنات الكهربائية الموجودة داخله بقوة ميكانيكية تتناسب طرداً مع قيمة الشحنة .

- ويمكن تمثيل الحقول الشعاعية بواسطة الميزة الشعاعية في الفراغ التي تحسب عند نقطة معينة من الفراغ , أي أن له نقطة تأثير وطويلة واتجاه, فيمكن تمثيل الحقل الشعاعي بواسطة خطوط موجهة تتشكل من نقاط تأثير الميزة الشعاعية للحقل نفسه والتي تمس الخط بكل نقطة من نقاطه إذا مفهوم الحقل مرتبط بمنطقة معينة و محدودة .

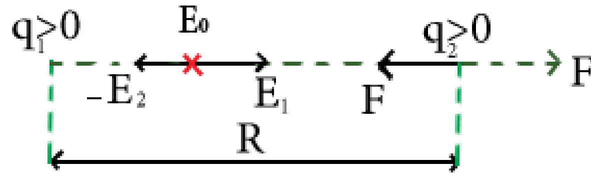
$q \rightarrow E \rightarrow F_e$ حقل ناشئ عن شحنات ساكنة (مستقرة زمنياً)

التيار مستمر $i = \frac{q}{t}$, $i = \frac{dq}{dt}$

$$F_e = qe$$

$$E = E_X \vec{i} + E_y \vec{j} + E_z \vec{k}$$

قانون كولون (كولومب) :



$$F_{12} = F_{21} = F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon R^2} \quad , \quad F = qE$$

وينص هذا القانون على أنه تؤثر شحنتان نقطيتان $q_1 q_2$ على بعضهما البعض في الفراغ بقوة F تتناسب طردا مع جداء هاتين الشحنتين و تتناسب عكسا مع البعد بينهما وتتجه هذه القوة على الخط الواصل بين الشحنتين q_1, q_2 .

فلو كانت الشحنتان تملكان إشارة واحدة فيتم التدافع بينهما وإذا كانتا مختلفتان بالإشارة يتم التجاذب بينهما .

أما : $\varepsilon = \varepsilon_0 \, . \, \varepsilon_r$

حيث ε_r تمثل ثابت العازلية الكهربائي النسبي (سماحية العزل الكهربائية النسبية لوسط ما) , ويعبر عن عدد مرات تخفيض مقدار القوة للشحنات الكهربائية نفسها مقارنة بالخلاء وذلك عندما تكون المسافة بينهما ثابتة .

ملاحظة :

- ε_r فيزيائياً تعبر عن درجة الاستقطاب الكهربائي للوسط أي انتظام العناصر المشحونة المكونة لبنية تحت تأثير الحقل وبالتالي فإن القوى مختلفة حسب الخصائص الكهربائية للوسط فلو أخذنا شدة الحقلين الناتجين عن شحنتين متساويتين بالقيمة ومتعاكستين بالاتجاه :

$$F_{12} = F_{21} = F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon R^2}$$

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$$\vec{E} = \vec{E_1} + \vec{E_2}$$

$$E = E_1 - E_2 = 0$$

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{q_1}{4\pi\varepsilon R^2} = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon R^2}$$

شدة الحقل وكمونه :

- يتميز كل حقل كهربائي بمقادير أساسية مميزة له وهي عبارة عن شدة الحقل والكمون

$$E(v,m) \quad , \quad U(v)$$

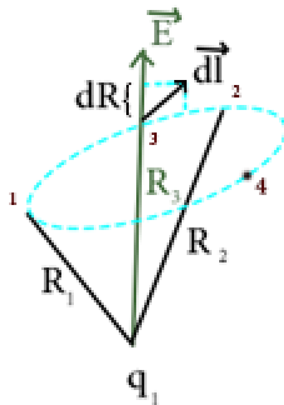
حيث أن شدة الحقل E مقدار شعاعي تتحدد فيه كل نقطة بالقيمة والاتجاه بينما الكمون U هو مقدار سلمي وتتحدد قيمة الكمون لكل نقطة من نقاط الحقل بعدد واحد .

- ويعتبر الحقل الكهربائي معروف لوكان معروفاً لدينا قانون تغير شدة الحقل أو الكمون , فلو وضعنا على سبيل المثال شحنة كهربائية موجبة صغيرة حيث لايؤثر وجودها على توزع الشحنات فإن نسبة القوى المؤثرة على قيمة هذه الشحنة $E = \frac{F}{q}$ تساوي شدة الحقل بالنقطة المعتبرة .

هذا إذا كان الحقل متولد عن شحنة كهربائية وحيدة , أما إذا كان متولد عن عدة شحنات فإن الحقل الكلي يساوي إلى المجموع الشعاعي للحقول الموجودة :

$$\vec{E} = \vec{E_1} + \vec{E_2} + \vec{E_3} + \cdots$$

- ولدراسة العمل الذي تبذله قوى الحقل عند انتقال الشحنة ومفهوم فرق الكمون نأخذ الحالة التالية :



نفرض أن لدينا شحنة q انتقلت من نقطة 1 إلى النقطة 2 حسب الطريق $1\hat{3}2$على الشكل الموجود , بما أن اتجاه القوة $\vec{F} = q\vec{E}$ المؤثرة على الشحنة بكل نقطة من نقاط الطريق لا يمكن أن تنطبق مع عنصر الانتقال dl وبالتالي فإن العمل المبذول عند انتقال الشحنة على الطريق dl يحدد بالعلاقة $q\,\vec{E}\,\vec{dl}$ (العمل = القوة × الإنتقال) .

• والعمل المبذول على انتقال الشحنة من النقطة 1 إلى 2 حسب الطريق $2\hat{3}1$ يحدد كمجموع الاعمال العنصرية $q\,\vec{E}\,\vec{dl}$ ويمكن كتابة هذا المجموع على شكل تكامل خطي :

$$q\,.\int_{1}^{2}\vec{E}\,\vec{dl}$$

لو فرضنا أن $q = 1$ تمثل واحدة الشحنات تحت فرق الكمون $\varphi_1 - \varphi_2$ ونعني به العمل المبذول الذي تبذله قوى الحقل عند انتقال شحنة مقدارها واحدة الشحنات :

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{1}^{2}\vec{E}\vec{dl}$$

$$2 \to \infty \Rightarrow \varphi_2 \to 0$$

$$\Rightarrow \varphi = \int_{1}^{2} E dl$$

الحقل الناتج عن شحنة نقطية واحدة :

• الحالة العامة : $E = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon R^2}$

• حالة خاصة (الهواء ـ الخلاء) : $E = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_o R^2}$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon R}$$

الحقل الناتج عن أكثر من شحنة نقطية واحدة :

$$\vec{E} = \vec{E_1} + \vec{E_2} + \cdots$$

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^{n} \frac{q}{4\pi\varepsilon R^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{r_i}$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \sum_{i=1}^{n} \frac{q_i}{r_i}$$

ملاحظة : مبدأ التراكم هو مجموع شعاعي . . .

- الكمون في الأرض دوما صفر .
- الشحنة توزع على سطح الكرة وشدة الحقل داخل الكرة تساوي الصفر

$$\varphi = \oint E \;\; dl \;= 0$$

- لأن أي نقطة من نقاط الحقل داخل الكرة كمونها ثابت (ليس بالضرورة 0) فلو اخترنا هذه النقطة فإن كمون كل نقاط الحقل سوف يُحدد بشكل وحيد المعنى .

الحقل الكهربائي والكمون :

- سوف نستنتج علاقة رياضية للحقل والكمون بالنسبة لشحنة نقطية باعتبار أن الشحنة النقطية موجبة q المولدة للحقل ... r_1, r_2, r_3 هي المسافات بين النقطة m حتى النقاط باعتبار أن اتجاه شدة الحقل E واتجاه عنصر الطول dl واحد باعتبار أن : $\vec{E}.\overrightarrow{dl} = E\; dR$

حيث أن dR هي مسقط عنصر الطول dl على اتجاه القطر الذي يصل النقطة M مع النقطة 3 .

وحسب تعريف شدة الحقل لدينا : $E = \frac{\vec{F}}{q}$

$$\oint F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon R^2}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int \vec{E}.\vec{dl} = \int_1^2 \frac{q}{4\pi\varepsilon} \frac{dR}{R^2}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{R_1}^{R_2} \frac{q}{4\pi\varepsilon} \frac{dR}{R^2} = \frac{q}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

$$R_2 \to \infty \Rightarrow \varphi \to 0 \Rightarrow \quad \boxed{\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon R} \quad [V]}$$

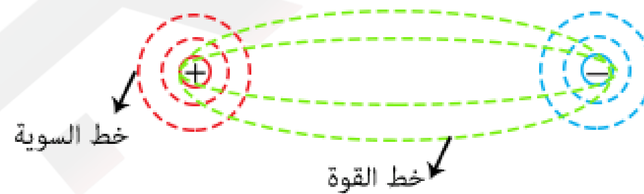
بالنسبة لشحنة نقطية

حالة خاصة : إذا كان المنحني مغلق يكون تدفق الحقل معدوم :

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \oint \vec{E}.\vec{dl} = 0$$

خط السوية : هو الخط الواصل بين مجموعة النقاط ذات الكمون المتساوي .

خط القوة : هو الخط الممتد فكريا من الشحنات الموجبة إلى السالبة أي هو الخط الذي يبدأ من الجسم الموجب إلى الجسم السالب أي له بداية وله نهاية وبالتالي نقاط تقاطع خطوط القوة مع خط السوية هي عبارة عن زوايا قائمة وبالتالي يمكن البرهان على ذلك على النحو التالي :



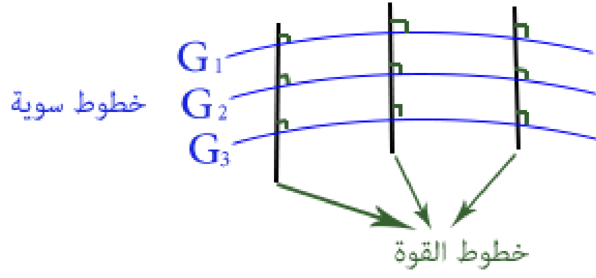
$$\varphi = -\int \vec{E}\,\vec{dl}$$

$$d\varphi = -E\,dl\,\cos\theta$$

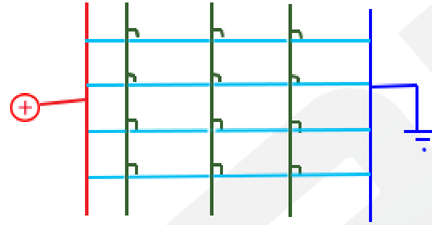
$$\frac{d\varphi}{dl} = -E\cos\theta$$

$$E \neq 0 \Rightarrow cos\theta = 0 \Rightarrow \theta = \frac{\pi}{2}$$

أي أن خطوط القوة متعامدة مع خطوط السوية . . .

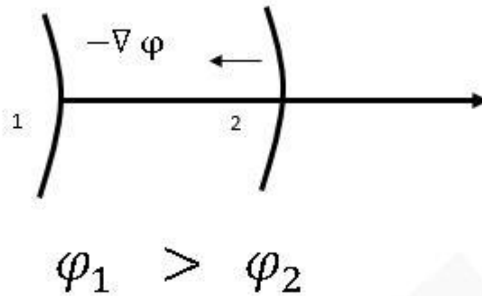


مكثف منتظم (حقله منتظم) . . .



و يمكن تمثيل شدة الحقل و الكمون بالعلاقة التالية :

$$E = -\nabla\varphi = -\ \text{grad}\ \varphi$$



وبالتالي :

$$grad\ \varphi = \nabla\varphi = \frac{\partial\varphi}{\partial x}\vec{\imath} + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\vec{\jmath} + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\vec{k}$$

- حيث تمثل $\frac{\partial \varphi}{\partial x}\vec{i}$ سرعة تغير φ بالنسبة للمحور x .

- و تمثل $\frac{\partial \varphi}{\partial x}$ القيمة العددية (المطال) للسرعة .

- وشعاع شدة الحقل :

$$E_x = -\frac{\partial \varphi}{\partial x}$$

$$E_y = -\frac{\partial \varphi}{\partial y}$$

$$E_z = -\frac{\partial \varphi}{\partial z}$$

تمثل مساقط شدة الحقل على x , y , z

$$\vec{E} = E_x\vec{\imath} + E_y\vec{\jmath} + E_z\vec{k}$$

$$= -\nabla\varphi = -\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\vec{\imath} + \frac{\partial \varphi}{\partial y}\vec{\jmath} + \frac{\partial \varphi}{\partial z}\vec{k}\right)$$

انتهت المحاضرة . . .

- **تعلّمنا بيتَ الشعر القـــائــل :**

مــا كــل مــا يـتمنى المرء يدركه
تجري الرياح بما لا تـشـتـهي السفن

- **ولم نتعلّم بيوت الشعر القائلة :**

تجري الرياح كما تجري سفينـتـنـا
نحن الرياح و نحن البحر و الســفنُ
إن الـذي يرتجي شيـئـاً بــهمـّـتــهِ
يلـقـاهُ لــو حارَبَتْهُ الانـسُ و الجن
فاقـصُد الى قمم الأشـــيـاءِ تـدركها
تجري الرياح كما رادت لها الـســفن



الأول يدعو للرضا بالـــــواقع
والأخريات تدعو لصناعة الواقع